

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-194239

(43)Date of publication of application : 15.07.1994

(51)Int.Cl.

G01L 3/10

(21)Application number : 05-071712

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 30.03.1993

(72)Inventor : YASUI KATSUAKI

(30)Priority

Priority number : 04296819 Priority date : 06.11.1992 Priority country : JP

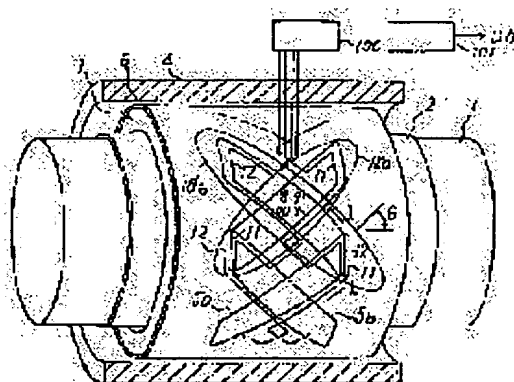
(54) TORQUE DETECTOR AND TORQUE DETECTION ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a torque detector which is of simple construction and is hard to be influenced by the disturbance such as an axial temperature gradient, unbalanced external magnetic field, residual flux, etc.

CONSTITUTION: This detector is provided with a passive axis 1 having a magnetic material 2 of magnetostrictive property and a pair of inductors 5a and 5b whose current paths are arranged in a manner that respective current directions will cross each other at a right angle against bidirectional main stresses generating on the surface of the axis 1 when any torque is given, and they are overlaid at almost same position in the axial direction on the face of a cylinder that is kept at a specified gap away from the surface of the material 2. By

detecting the inductance generating there, or applying bias current to the inductor and detecting the current or voltage induced by the inductor when a driving coil 17 is wound around the periphery of the axis 1 to conduct the coil 17, the torque is obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	02.04.1996
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	04.11.1997
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	2783118
[Date of registration]	22.05.1998
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	09-20641
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	04.12.1997
[Date of extinction of right]	

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2783118号

(45) 発行日 平成10年(1998) 8月 6日

(24) 登録日 平成10年(1998) 5月22日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 1 L 3/10

G 0 1 L 3/10

A

請求項の数 4 (全 :)

(21) 出願番号 特願平5-71712

(22) 出願日 平成5年(1993) 3月30日

(65) 公開番号 特開平6-194239

(43) 公開日 平成6年(1994) 7月15日

審査請求日 平成8年(1996) 4月2日

(31) 優先権主張番号 特願平4-296819

(32) 優先日 平4(1992)11月6日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

前置審査

(73) 特許権者 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 安井 克明

姫路市千代田町840番地 三菱電機株式

会社 姫路製作所内

(74) 代理人 弁理士 宮田 金雄 (外2名)

審査官 福田 裕司

(56) 参考文献 特開 昭63-317732 (J P, A)

笹田一郎 (外2名), "磁心を用い
ない磁気ヘッド形トルクセンサ" 平成4年
度電気関係学会九州支部連合大会 講演
論文集 第324頁

(58) 調査した分野(Int.Cl.⁸, D B名)

G01L 3/10

(54) 【発明の名称】 トルク検出装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁歪性が付与された受動軸と、
この受動軸の磁歪性が付与された部分の表面から所定ギ
ャップを隔てた円筒面上に設けられ、前記受動軸に対し
て約45°方向に形成された第1電流路とこの第1電流
路と平行に形成されかつ逆方向の電流が流れる第2電流
路と前記第1電流路及び前記第2電流路を接続する第1
の接続用電流路とから構成される第1の要素インダクタ
と、
複数の前記第1の要素インダクタから構成され逆方向の
電流路が隣接するよう前記円筒面の全周に並設されてな
る第1のインダクタと、
前記受動軸の磁歪性が付与された部分の表面から所定ギ
ャップを隔てた円筒面上に設けられ、前記受動軸に対し
て約-45°方向に形成された第3電流路とこの第3電

10

2

流路と平行に形成されかつ逆方向の電流が流れる第4電
流路と前記第3電流路及び前記第4電流路を接続する第
2の接続用電流路とから構成される第2の要素インダク
タと、
複数の前記第2の要素インダクタから構成され逆方向の
電流路が隣接するよう前記円筒面の全周に並設されてな
るとともに前記第1のインダクタの軸方向位置とほぼ同
じ位置に配設された第2のインダクタと、
前記第1のインダクタ及び前記第2のインダクタのイン
ダクタンスを検出するインダクタンス検出回路とを備え
たことを特徴とするトルク検出装置。

【請求項2】 全ての要素インダクタにおいて第1の接
続用電流路と第2の接続用電流路とが重合されると共に
該重合部分では第1の要素インダクタ及び第2の要素イ
ンダクタには逆方向の電流が流れていることを特徴とす

る請求項1記載のトルク検出装置。

【請求項3】 第1のインダクタ及び第2のインダクタはフレキシブル基板の表裏の面上に形成されたことを特徴とする請求項1記載のトルク検出装置。

【請求項4】 磁歪性が付与された受動軸と、この受動軸の表面から所定のギャップを隔てた円筒面上に設けられ、前記受動軸が受けるトルクによる、受動軸表面の透磁率の変化に応じてインダクタンスが変化する方向に向いた電流路で構成されたインダクタと、このインダクタにバイアス電流を与える手段と、受動軸を周回するように巻回された駆動コイルと、この駆動コイルへの通電によって前記インダクタに誘起される電流または電圧を検出する検出回路とを有することを特徴とするトルク検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、回転軸などの受動軸に外力が印加された際のトルクを非接触で検出するためのトルク検出装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】自動車のパワーステアリング機構やアンチスキッドブレーキ機構、自動変速制御の分野などでは受動軸であるハンドル軸などに加わるトルクを検出する必要があることが多い。このような用途に使用されるトルク検出装置としては例えば特開平1-94230号公報にて開示された磁歪式トルク検出装置がある。この装置の構造を図10について説明する。図において、1は回転軸である受動軸、7a、7bは受動軸1を回転自在に支持する軸受、3は軸受によって支持されたボビンである。受動軸1の外周面上には軸方向に間隔を空けて、磁歪材の層からなる第1及び第2の磁性材2a、2bが固着される。第1の磁性材2aは中心軸に対する角度 $\theta = 45^\circ$ 方向に、第2の磁性材2bは $\theta = -45^\circ$ 方向にそれぞれ細長く短冊状に複数形成されている。また、ボビン3には、それぞれの磁性材2a、2bに対応して第1、第2のコイル5a、5b、及び第1、第2のヨーク4a、4bが配設されている。この第1、第2のヨーク4a、4bは磁束が外部へ抜がらないようにするための部材である。100は第1、第2のコイル5a、5bに接続された応力検出回路である。

【0003】次に、動作について説明する。受動軸1に外部からのトルクが印加されると、受動軸表面上の、 $\theta = \pm 45^\circ$ 方向に主応力が発生し、各磁性材2a、2bの一方に引張応力が、他方に圧縮応力が生じる。この応力が生じると磁性材2a、2bの透磁率が変化する。引張応力による場合と圧縮応力による場合では透磁率が逆方向に変化する。応力検出回路100はこれら磁性材の透磁率変化に応じたコイル5a、5bのインダクタンスを検出して受動軸1に印加されたトルクを算出し、トルクに応じた電圧を出力するようになっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来の磁歪式トルク検出装置は、以上のように構成されているので、次に述べる課題があった。すなわち、受動軸1に短冊状の磁性材2a、2bが設けられていたため、磁性材を短冊状に配設するという工程が煩雑である上、短冊状の磁性材は剥がれやすく、さらに軸1と磁性材2a、2bとの境界部分では腐食することもあった。

【0005】さらに、上記従来の磁歪式トルク検出装置では $+45^\circ$ 方向の磁性材2aと -45° 方向の磁性材2bにおける互いに逆方向の透磁率変化をそれぞれ別のコイル5a、5bを介して検出していることにより磁性材の温度特性や外部磁界、残留磁束に対する補償は行なっているが、軸方向の温度勾配や、アンバランスな外部磁界、残留磁束等の外乱に対しては十分な補償ができない（例えば、磁性材2a、2bは軸方向に隔たっているため、受動軸1に軸方向の温度勾配がある場合、磁性材2a、2bで温度が異なることがあり、これによってインダクタンス検出結果に誤差が生じる）といった課題があった。この発明は、上記の課題を解消するためになされたもので、簡単な構造で軸方向の温度勾配、アンバランスな外部磁界、残留磁束などの外乱の影響を受けにくいトルク検出装置を得ることを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】この発明では、磁歪性が付与された受動軸と、この受動軸の磁歪性が付与された部分の表面から所定ギャップを隔てた円筒面上に設けられ、受動軸に対して約 45° 方向に形成された第1電流路とこの第1電流路と平行に形成されかつ逆方向の電流が流れる第2電流路と第1電流路及び第2電流路を接続する第1の接続用電流路とから構成される第1の要素インダクタと、複数の第1の要素インダクタから構成され逆方向の電流路が隣接するよう円筒面の全周に並設されてなる第1のインダクタと、受動軸の磁歪性が付与された部分の表面から所定ギャップを隔てた円筒面上に設けられ、受動軸に対して約 -45° 方向に形成された第3電流路とこの第3電流路と平行に形成されかつ逆方向の電流が流れる第4電流路と第3電流路及び第4電流路を接続する第2の接続用電流路とから構成される第2の要素インダクタと、複数の第2の要素インダクタから構成され逆方向の電流路が隣接するよう円筒面の全周に並設されてなるとともに第1のインダクタの軸方向位置とはほぼ同じ位置に配設された第2のインダクタと、第1のインダクタ及び第2のインダクタのインダクタンスを検出するインダクタンス検出回路とを備えたものである。あるいは磁歪性が付与された受動軸とこの受動軸の表面から所定のギャップを隔てた円筒面上に設けられ、受動軸が受けるトルクによる、受動軸表面の透磁率の変化に応じてインダクタンスが変化する方向に向いた電流路で構成されたインダクタと、このインダクタにバイアス電流

を与える手段と、受動軸を周回するように巻回された駆動コイルと、この駆動コイルへの通電によってインダクタに誘起される電流または電圧を検出する検出回路とを有するものである。

【0007】また、全ての要素インダクタにおいて第1の接続用電流路と第2の接続用電流路とが重合されると共に該重合部分では第1の要素インダクタ及び第2の要素インダクタには逆方向の電流が流れているものである。また、第1のインダクタ及び第2のインダクタはフレキシブル基板の表裏の面上に形成されたものである。

【0008】

【作用】請求項1に記載の発明におけるトルク検出装置では、受動軸に外部からのトルクが印加されると、受動軸表面上の、 $\theta = \pm 45^\circ$ 方向に主応力が発生し、 $\theta = +45^\circ$ 方向と $\theta = -45^\circ$ 方向の一方に引張応力が、他方に圧縮応力が生じる。この応力が生じると磁歪性を有する部分での透磁率が変化する。受動軸の周囲にはこの受動軸と所定ギャップを隔ててインダクタが配置され、このインダクタを構成する電流路は前記透磁率の変化に応じてインダクタンスが変化する方向に設けられているので、インダクタの電流路に電流（交流）を流したときに電流路の周りに右ネジの法則によって発生する磁束は、受動軸の磁歪性を有する部分での主応力方向（前記した $\theta = \pm 45^\circ$ 方向に生じる応力）の透磁率の変化による影響を受ける。透磁率は受動軸に印加されたトルクの関数であり、インダクタのインダクタンスは、単位電流あたりの磁束発生量に比例するので、インダクタンス検出回路でインダクタのインダクタンスを検出することにより、受動軸に印加されたトルクを求めることができる。

【0009】請求項2に記載の発明におけるトルク検出装置では、全ての要素インダクタにおいて第1の接続用電流路と第2の接続用電流路とが重合されると共に該重合部分では第1の要素インダクタ及び第2の要素インダクタには逆方向の電流が流れているので、第1の接続用電流路及び第2の接続用電流路における磁界の発生が相殺され、不要なインダクタンスの発生が抑えられるので誤差が低減される。また請求項3に記載の発明におけるトルク検出装置では、第1のインダクタ及び第2のインダクタはフレキシブル基板の表裏の面上に形成されており、インダクタの構成が簡単になりコストを抑えることができる。

【0010】請求項4に記載の発明におけるトルク検出装置では、受動軸の表面から所定のギャップを隔てた円筒面上に、透磁率変化に応じてインダクタンスが変化する方向に向いた電流路で構成されたインダクタが設けられ、この電流路にはバイアス電流（直流）が与えられるので、インダクタを構成する電流路の周りには、受動軸表面の主応力線方向の透磁率とバイアス電流とに応じた磁束が発生している。この状態で駆動コイルに十分大き

な電流を流すと、受動軸の軸方向に大きな磁束が発生し、この磁束によって受動軸表面に透磁率変化等によって発生していた磁束が飽和してしまい、受動軸表面の実効透磁率が下がる。するとインダクタのインダクタンスが下がり、インダクタを通る磁束が小さくなるため、このインダクタンス低下に相当する起電力によってインダクタに電圧が誘起される。このとき誘起される電圧は、駆動コイルに流す前の受動軸表面の主応力線方向の透磁率、即ち応力に応じたものであり、この電圧を測定することによって受動軸に印加されたトルクの大きさを知ることができる。

【0011】

【0012】

【0013】

【0014】

【実施例】以下、この発明の一実施例によるトルク検出装置を図について説明する。

実施例1

図1において、1は回転軸である受動軸、2は受動軸1の外周面上に円筒状に固着された磁歪性を持った材質の層からなる磁性材、3は受動軸に対して回転自在に設置され、軸受（図示せず）によって支持されたボビン、5はボビン3上に設けられ、受動軸に対する角度 $\theta = 45^\circ$ の方向の電流路を持ち、磁性材2の表面からギャップをあけて配されたインダクタ、100はインダクタに接続され、このインダクタ5に交流電流を流すと共にインダクタ5のインダクタンスを検出するインダクタンス検出回路、101はインダクタンス検出回路100に接続されたトルク演算回路である。尚、インダクタとしては導電性の高い銅線等が用いられる。

【0015】次に、動作について説明する。受動軸1に外部からのトルクが印加されると、磁性材2の中心軸から $\theta = \pm 45^\circ$ 傾いた主応力線方向に応力が発生し、磁性材2の磁気特性に異方性が生じ、磁性材2の $\theta = +45^\circ$ 方向の透磁率と、 $\theta = -45^\circ$ 方向の透磁率が逆方向に変化する。このときインダクタ5の電流路に電流を流すと、インダクタ5は受動軸1の中心軸に対して 45° 方向に沿って配されているので、電流路の回りに、右ネジの法則によって発生する $\theta = -45^\circ$ の磁界Hは前記 -45° 方向の主応力と平行な方向となる。この磁界Hによって発生する磁束 ϕ は、磁性材2の $\theta = -45^\circ$ の方向の透磁率の関数である（すなわち、 $B = \mu H$ 、但し、 B は磁束 ϕ の磁束密度、 μ は透磁率）。インダクタのインダクタンスは、単位電流I当りの磁束 ϕ の発生量に比例する（すなわち、 $L = \phi / I$ 、但し、 L はインダクタンス）ので、インダクタンス検出回路100でインダクタのインダクタンスを検出し、トルク演算回路101で補正演算をしてトルクに応じた電圧Vを出力することにより、受動軸1に印加されたトルクを求めることができる。ここで、受動軸1に外部からのトルクが印加さ

れると、磁性材2の、中心軸から $\theta = \pm 45^\circ$ 傾いた主応力線方向に応力が発生し、磁性材2の磁気特性に異方性が生じるため、磁性材2の $\theta = +45^\circ$ 方向の透磁率と、 $\theta = -45^\circ$ 方向の透磁率が逆方向に変化するため、インダクタ5は受動軸1が受けるトルクによる、受動軸1の表面の透磁率の変化に応じてインダクタンスが変化する方向に向いた電流路で構成されていると言える。

【0016】以上述べたようにこの実施例ではインダクタ5は受動軸1が受けるトルクによる磁性材2の透磁率変化に応じて、そのインダクタンスが変化する方向、とりわけ中心軸から -45° 傾いた方向に加わる応力によるこの方向での透磁率変化に応じて最もインダクタンスが変化する、中心軸から 45° 方向にインダクタ5の電流路を配したので、インダクタンス変化に基づくトルク検出を有効に行なえる。そして、この実施例では、インダクタ5に方向性を持たせることにより磁性材2を短冊状に配置することなく、受動軸1周囲に円筒状に固着できるので、製造工程が簡略化でき、短冊状磁性材による剥がれ易さ、腐食という不具合も解消でき、さらに磁性材2とインダクタ5とのギャップをより小さくできる。

【0017】実施例2

上記実施例1では本発明の構成をやや概念的に示すために、インダクタ5を受動軸1に対して 45° の方向の電流路1本のみで構成したが、電流路1本のみではインダクタ5のインダクタンスが非常に小さくなり、インダクタンスの検出が困難なので、実用的には、1方向の主応力を検出するためには、その主応力の影響を受けやすい方向の電流路を多数本用いる必要がある。その具体例を実施例2として図2に示す。この実施例ではポリイミド樹脂等からなるフレキシブル基板6上に、 $\theta = -45^\circ$ 方向の応力を検出するための、 45° 方向の第1電流路7およびこれと反対方向である 225° 方向の第2電流路8と、それらの電流路7、8をある距離を置いて接続するための $\theta = 90^\circ$ と $\theta = 270^\circ$ 方向の接続用電流路11とを組み合わせることにより平行四辺形状の要素インダクタ18aを構成し、それを等間隔に複数個配設し、直列に接続することによって第1のインダクタ5aを構成する。同様に $\theta = 45^\circ$ 方向の応力を検出するための、 -45° 方向の第3電流路9と、 -225° 方向の第4電流路10と、それらの電流路をある距離を置いて接続するための $\theta = -90^\circ$ 方向と $\theta = -270^\circ$ 方向の接続用電流路12とを組み合わせる要素インダクタ18bを構成し、それを等間隔に複数個配設し、直列に接続することによって第2のインダクタ5bを構成したものである。これによってトルク検出要素を構成している。4はフレキシブル基板6周囲に設けられたヨークであり、磁束が外部へ漏洩するのを防ぐ。

【0018】前記第1、第2のインダクタ5a、5bは軸方向にはほぼ同じ位置に重畳配置されており、接続用

電流路11と12は、第1ないし第4電流路7～10の両端でそれぞれおおよそ重なるように配置されている。この実施例におけるトルク検出装置の動作を説明すれば、受動軸1に外部からのトルクが印加されると、磁性材2の磁気特性に異方性が生じるため、第1のインダクタ5aと第2のインダクタ5bのインダクタンスが逆方向に変化する。すなわち、第1のインダクタ5aには磁性材2の -45° 方向の透磁率変化に応じた磁束が発生し、第2のインダクタ5bには磁性材2の 45° 方向の透磁率変化に応じた磁束が発生する。インダクタンス検出回路100はこれらインダクタ5a、5bの磁束に対応するインダクタンスを検出する。これらインダクタ5a、5bからの出力の差動を取った値をもとにトルク演算回路101は受動軸1に印加されたトルクを算出し、外乱の影響を相殺した状態でトルクに応じた電圧Vを出力するようになっている。

【0019】この実施例2では、インダクタ5a、5bをフレキシブル基板6上に設けたことから、簡単な構成で、第1のインダクタ5aと第2のインダクタ5bを軸方向に同じ場所に配設でき、これによって同じ位置で磁性材2の透磁率の変化を2つのインダクタで検出できるので、軸方向の温度勾配、アンバランスな外部磁界、残留磁束などの外乱の影響を受けにくいトルク検出が行なえる。また、複数の要素インダクタ18a、18bを受動軸の表面から所定のギャップを隔てた円筒面上に等間隔に配設したので、受動軸が偏心している場合でも、その影響による誤差が少ない。

【0020】また、第1、第2の電流路7、8および第3、第4の電流路9、10を接続するための接続用電流路11、12が、検出精度に悪影響を及ぼすことが考えられるが、この発明ではこれら接続用電流路11、12がおおよそ重なり合うように配置され、この部分では互いに反対方向の電流が流れることとされているので、その部分では全体としての電流が相殺され、磁界がほとんど発生しないので、不要なインダクタンスの発生が抑えられ、従って検出誤差の原因となりにくい。また、ヨーク4によって磁束の漏れを防いでいるので、インダクタを構成する電流路を短いパターンとしてもトルク検出に必要な大きさのインダクタンスを稼ぐことができる。

【0021】実施例3

上記実施例2では第1のインダクタ5aの接続用電流路を $\theta = 90^\circ$ と $\theta = 270^\circ$ の方向の電流路11で、また第2のインダクタ5bの接続用電流路12を $\theta = -90^\circ$ と $\theta = -270^\circ$ の方向の電流路で構成したが、図3に示すように、第1のインダクタ5aの接続用電流路11を $\theta = 180^\circ$ と $\theta = 0^\circ$ の方向の電流路で、また第2のインダクタ5bの接続用電流路12を $\theta = 0^\circ$ と $\theta = 180^\circ$ 方向の電流路で構成してもよく、実施例2と同様の作用が得られる。

【0022】実施例4

図2、図3では電流路の接続を見やすくするために第1、第2のインダクタ5a、5bを構成する一つの平行四辺形状の平面コイル要素の巻数を1、5回としたが、実用上は、インダクタンスを大きくし、測定精度を上げるために、巻数を多くしたほうがよい。その具体例を図4、図5に示す。図4には2層のフレキシブル基板よりなる基板6が示されその裏面に設けられた第1のインダクタ5a、および表面に設けられた第2のインダクタ5bが、それぞれのインダクタ5a、5bを構成する4個の要素インダクタ18a、18bとしてその輪郭が示されたトルク検出要素が示されている（本例の場合、基板6は透明なので、裏面のインダクタ5aが透けて見えている）。

【0023】各要素インダクタ18a、18bは図5の部分拡大図に示すように、銅線14が1つの要素インダクタにつき14回巻とされており、これによってトルク検出可能な大きさのインダクタンスを得ることができる。第1のインダクタ5aは前述のように、図示範囲Aの内側に配設された、第1、第2電流路7、8と、図示範囲Aの外側に配設され（この図には現れていない）、これらを接続する接続用電流路11とからなり、第1のインダクタ5aの各要素インダクタ同士は接続部13で接続されている。接続用電流路11は、 $\theta = 90^\circ$ と $\theta = 270^\circ$ 方向の電流路の他に、第2のインダクタ5bの接続用電流路12との重合部分を多くするために、 $\theta = 135^\circ$ と $\theta = 315^\circ$ 方向の電流路を加えている。第2のインダクタ5bも同様の構成とされている。

【0024】このようにインダクタが配された基板6からなるトルク検出要素はボビン3の外周面か、ヨーク4の内周面に沿って巻き付けられる。図6に基板6の組み付け状態が示される。この図6の例ではボビン3が設けられておらず、ヨーク4の内周面に基板6が巻き付け固定されている。受動軸1は、軸受によってインダクタの内側に固定されるが、この状態ではまだ組み込まれていない。図4における16a～16dは基板6をヨーク4へ固定するための孔であり、基板6の巻き付けの際には、16aと16b、及び16cと16dがそれぞれ重なるようにする。すると、基板6に配された、平面状態では重合されていない前記接続用電流路11、12が、円筒面上ではほぼ重なり、各要素インダクタ18a、18bが円筒面上で等間隔に並ぶようになる。基板6の端部には端子部15が形成され、ここに4つの端子15a～15dが設けられ、これら端子のうち2つが第1のインダクタ5aと接続され、残りの2つが第2のインダクタ5bに接続されている。この端子部15は図6のようにヨーク4の切り欠き部から外部へ突出される。この構造によれば十分な精度でトルク検出できる。

【0025】実施例5

以上述べた各実施例ではインダクタ5に交流電流を流し、このインダクタ5のインダクタンスが受動軸1に印

加されるトルクに応じた磁性材2の透磁率変化によって変化する際の該インダクタンスをインダクタンス検出回路100で検出することによってトルク検出をするものであり、インダクタと検出回路を備えるだけでトルク検出できるものであることから簡易な構造でトルク検出できるが、完全ではない点もあった。すなわち、インダクタを構成する電流路は固有の抵抗値を有しており、このインダクタに前記交流電流を流した場合、電流路の抵抗値に応じた値がインダクタンス検出の際にインダクタンス検出回路に取り込まれる電圧中に直流成分として含まれてしまい、この交流中の直流成分を独立して差し引くことは困難であったので、インダクタンス検出結果にこの電流路自体の抵抗値分の誤差が含まれていた。特に電流路として細い線を使用する場合にはこの誤差がより多く現れていた。

【0026】そこで、実施例5として図7に示すように、ボビン3上に受動軸1を周回するように巻回された駆動コイル17と、この駆動コイル17に電流を流すための駆動回路102を設けると共に前記各実施例のインダクタンス検出回路100、トルク検出回路101に代えて応力検出回路103を配設した。応力検出回路103には直流のバイアス電流をインダクタへ流す手段と、インダクタで発生する電圧を検出する手段と、この電圧からトルクを算出する手段とが具備されている。これらの以外の構成については前記実施例1と同様なのでその説明を省略する。

【0027】この実施例5における動作を説明する。応力検出回路103からインダクタ5の電流路に一定のバイアス電流I（直流）が流される。このバイアス電流Iによって、前記電流路の回りには右ネジの法則によって -45° 方向に磁界Hを生じる。この磁界Hによって生じる磁束 ϕ は前記実施例1と同様、磁性材2の $\theta = -45^\circ$ 方向の透磁率の関数であり、インダクタ5を構成する電流路のインダクタンスLは電流Iによって発生する磁束 ϕ の関数である。そして受動軸1に外部からのトルクが印加されると、引張応力と圧縮応力によって磁性材2の、中心軸から $\pm 45^\circ$ 傾いた方向に応力が発生し、磁性材2の磁気特性に異方性が生じるため、磁性材2の $\theta = 45^\circ$ 方向の透磁率と -45° 方向の透磁率が逆方向に変化し、この変化に応じて磁束 ϕ 、インダクタンスLが変化する。しかしながら、前記バイアス電流Iは直流であるから、インダクタ5の周囲の磁束 ϕ が前記透磁率変化に応じて変化しても、この変化は応力検出回路103に検出される電圧としては出現しない。

【0028】そこでインダクタ5が磁束 ϕ を発生させている状態で駆動回路102によって駆動コイル17に十分大きな電流を流し、駆動コイル17によって受動軸1の軸方向に大きな磁束 α を発生させて磁性材2の磁束を飽和させる。磁束が飽和すると磁性材2の実効透磁率が下がる。するとインダクタ5のインダクタンスが下がる。

り、インダクタ5を通る磁束が小さくなるため、インダクタ5に対して起電力が与えられて電圧が誘起される。このとき誘起される電圧は、駆動コイル17に電流を流す前の磁性材2の主応力線方向の透磁率、すなわち応力に応じたものであるため、応力検出回路103でこの電圧を計測することによって受動軸1に印加されたトルクの大きさを知ることができる。尚、この例では駆動コイル17に交流電流を流し続けることによって、駆動コイル17に流れる電流値を零から最大値まで周期的に変化させ、これによって前記磁束 α を零にしたり十分大きな磁束にしたりすることが周期的に行なわれ、トルク検出が周期的になされているが、別段直流電流を駆動コイル17に流して通電、非通電を繰り返すようにしてもよい。

【0029】この実施例でも前記実施例1と同様、インダクタに方向性を持たせたので、従来のように磁性材2を短冊状に配置することなく、磁性材2を受動軸1の外周面に円筒面上に固着できるので、製造工程が簡略化でき、短冊状磁性材による剥がれ易さや腐食という不具合も解消できる。また、インダクタに直流のバイアス電流を与える一方、駆動コイル17への通電による磁束飽和によるインダクタンス低下によって前記インダクタに発生した電圧を検出することとされているので、この電圧は直流であることから、インダクタを構成する電流路自体の抵抗値分を容易に除去でき、従って正確なトルク検出ができる。

【0030】実施例6

次に前記実施例5をより実用的な構造とした実施例6を図8に示す。この実施例6は駆動コイル17、駆動回路102、応力検出回路103以外の構成については既述の前記実施例2と同様であり、重複部分の説明を省略する。またこの例のトルク検出動作は基本的には実施例5と同様である。そして、この例では、前記実施例2と同様、インダクタを2方向のインダクタ5a、5bとし、これを複数の要素インダクタ18a、18bとしてフレキシブル基板6上に複数個設け、各インダクタ5a、5bを軸方向にほぼ重合するように配置したので、簡単な構造でトルク検出に際して十分な大きさの電圧をインダクタに誘起できると共に、軸方向の温度勾配等の外乱の影響を相殺したトルク検出が行なえる。また、複数の要素インダクタ18a、18bを受動軸表面から所定ギャップを隔てた円筒面上に配設したので、受動軸の偏心の影響による誤差が少なく、また接続用電流路11、12をおよそ重なるように配置したので、この接続用電流路11、12によるトルク検出結果の悪影響が防がれる。

【0031】実施例7

図9に実施例7を示す。この実施例における構成も駆動コイル17、駆動回路102、応力検出回路103以外の構成については既述の実施例3と同様であり、またその動作および利点は前記実施例6と同様であるので、そ

の説明を省略する。

【0032】実施例8

前記実施例5以下における場合にもインダクタとして、前記実施例4で説明した図4乃至図6におけるインダクタを使用することができる。この場合のインダクタの構成は実施例4の場合と概ね同じであるが、この実施例8ではインダクタの周囲に駆動コイル17が設けられるので、図6において、インダクタが配置された基板6を組み付ける際に、基板6をヨーク4の内周面よりやや小さい円筒面状に巻き、その外側に駆動コイル17を巻回したものをヨーク4の内周面に挿入し、固定することとなる。

【0033】上記実施例5乃至8において、駆動コイルに与える電流波形については、駆動コイル17の発生する磁束により、磁性材2のB-H特性を線形性（B（磁束密度）の変化にしたがってH（磁界）が所定の変化の仕方を特性）を保った領域から非線形性（前記所定のB-H特性以外の特性）となる領域へと変化させるものであればよく、非線形となる領域において実質的に受動軸1周囲の磁束を飽和させることと同等の状態を現出させ得る。このような作用をなす波形として、例えば連続したパルス波、正弦波、三角波などが挙げられる。また、上記実施例5乃至8において、インダクタにバイアス電流を流すこととしているが、このバイアス電流は一定電圧によって流してもよく、駆動コイル17に与える電流と同期して変化する電流を与えてもよい。さらにインダクタの電流路に誘起される電圧を検出しているのに代えて、誘起される電流を検出することとしてもよい。なお、実施例4および実施例8で説明したトルク検出装置は、実際に試作し、正常な動作を確認した。

【0034】以上述べた各実施例において、インダクタ5の電流路の受動軸1に対する角度 θ にこだわるとインダクタ5若しくは基板6の寸法の縦横比が制限されて設計の自由度が小さくなるため、電流路の方向は、主応力（磁性材の透磁率が変化する方向）と直角な方向から $\pm 45^\circ$ 未満の範囲で偏差を持たせてもよい。また、受動軸1に磁性材2を固着した例を示したが、受動軸1自体が磁歪性を有する材料からなるものとしてもよい。

【0035】以上のように、請求項1の発明では、第1の要素インダクタを逆方向の電流路が隣接するよう円筒面の全周に並設した、あるいは第2の要素インダクタを逆方向の電流路が隣接するよう円筒面の全周に並設したので、隣接した逆方向の電流路によって該電流路近傍の磁束が強められ検出感度を向上させることができる。また、第1の要素インダクタ及び第2の要素インダクタを各々円筒面の全周に並設したので検出感度を更に向上させることができると共に、第1のインダクタと第2のインダクタの軸方向の位置をほぼ同じ位置にしたので軸方向の温度勾配、アンバランスな外部磁界、残留磁束などの外乱の影響を受けにくくすることができる。また、請

求項2の発明によれば、全ての要素インダクタにおいて第1の接続用電流路と第2の接続用電流路とが重合されると共に該重合部分では第1の要素インダクタ及び第2の要素インダクタには逆方向の電流が流れているので、接続用電流路における不要なインダクタンスの発生が抑えられ検出誤差を抑えることができる。また、請求項3の発明によれば、第1のインダクタ及び第2のインダクタはフレキシブル基板の表裏の面上に形成されているのでインダクタの構成が簡単になりコストを抑えることができる。

【0036】また、請求項4の発明では、インダクタと、このインダクタにバイアス電流を与える手段と、受動軸を周回するように巻回された駆動コイルと、この駆動コイルへの通電によって前記インダクタに誘起される電流または電圧を検出する検出回路とを有しているので、電流路自体の抵抗値分の誤差を無くすることができる。

【0037】

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例1によるトルク検出装置を示す部分斜視図である。

【図2】この発明の実施例2によるトルク検出装置を示す部分斜視図である。

【図3】この発明の実施例3によるトルク検出装置を示す部分斜視図である。

【図4】この発明の実施例4によるトルク検出装置のインダクタがフレキシブル基板上に設けられたトルク検出要素を示す正面図である。

【図5】図4におけるトルク検出要素の部分拡大図である。

【図6】この発明の実施例4によるトルク検出装置のイ*

*インダクタがヨークの内側に組み付けられてなるトルク検出要素を示す斜視図である。

【図7】この発明の実施例5によるトルク検出装置を示す部分斜視図である。

【図8】この発明の実施例6によるトルク検出装置を示す部分斜視図である。

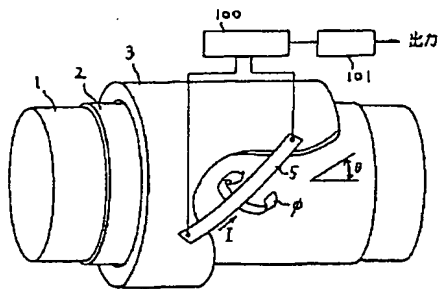
【図9】この発明の実施例7によるトルク検出装置を示す部分斜視図である。

【図10】従来のトルク検出装置を示す一部断面側面図である。

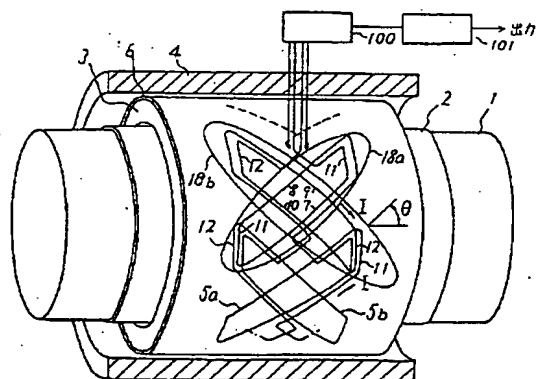
【符号の説明】

- | | |
|------|-------------|
| 1 | 受動軸 |
| 2 | 磁性材 |
| 4 | ヨーク |
| 5 | インダクタ |
| 5 a | 第1のインダクタ |
| 5 b | 第2のインダクタ |
| 6 | フレキシブル基板 |
| 7 | 第1電流路 |
| 8 | 第2電流路 |
| 9 | 第3電流路 |
| 10 | 第4電流路 |
| 11 | 接続用電流路 |
| 12 | 接続用電流路 |
| 17 | 駆動コイル |
| 18 a | 要素インダクタ |
| 18 b | 要素インダクタ |
| 100 | インダクタンス検出回路 |
| 101 | トルク検出回路 |
| 103 | 応力検出回路 |

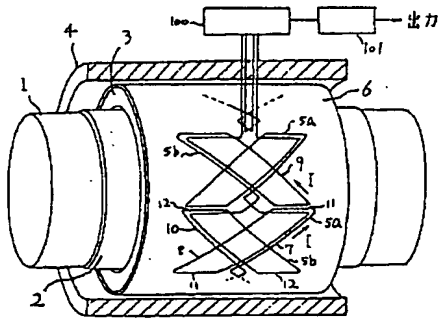
【図1】



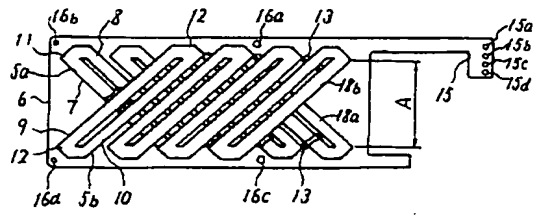
【図2】



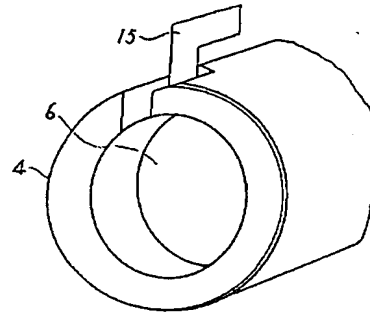
【図3】



【図4】



【図6】



【図5】

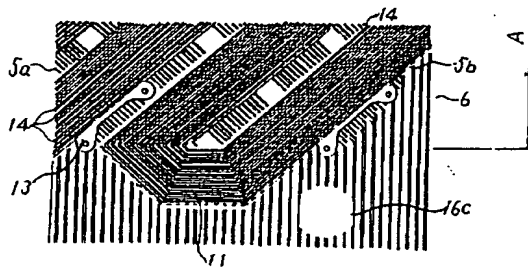


Figure 1 is a schematic diagram of a mechanical device, likely a pump or motor, shown in a cross-sectional view. The device consists of a main cylindrical body (2) with a central shaft (4) passing through it. The shaft is supported by bearings (102, 103) at the top. The shaft is connected to a central rotor (1) which has a complex internal structure with multiple triangular and rectangular segments. The rotor is surrounded by a stator (3) which has a series of slots or openings (12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5a, 5b). The device has two large ports (17) on the left and right sides. The entire assembly is mounted on a base (17). The diagram includes various labels: 102, 103, 101, 10, 9, 8, 7, 6, 5a, 5b, 4, 3, 2, 1, and 17.